

## Canteras y monumentos históricos: un recurso didáctico

### *Monuments and historical quarries: a didactic resource*

**M<sup>a</sup> JOSÉ VARAS MURIEL<sup>1,2</sup>, CARMEN VÁZQUEZ CALVO<sup>2</sup>, RAFAEL FORT GONZÁLEZ<sup>2</sup>, ELENA M. PÉREZ MONSERRAT<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de CC. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, 28040. E-mail: mjvaras@geo.ucm.es

<sup>2</sup>Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Facultad de CC. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, 28040. E-mail: carmenvazquez@geo.ucm.es; rafort@geo.ucm.es; empmon@geo.ucm.es

**Resumen** La utilización de las canteras históricas y de los monumentos como un recurso didáctico original y poco convencional en el aprendizaje de las ciencias geológicas puede incentivar la curiosidad del alumnado, permitiéndoles observar y deducir por sí mismos aspectos interesantes sobre la Geología local y sus aplicaciones prácticas, actuales y pasadas. Con el estudio de las canteras y los monumentos históricos de su localidad, los alumnos aprenderán, de forma fácil y práctica, a reconocer los distintos materiales geológicos existentes en su entorno, su configuración en el paisaje y distinguirán la meteorización natural que les afecta. Así mismo aprenderán otros aspectos culturales e históricos relacionados con sus posibles usos industriales o constructivos, los trabajos de cantería realizados y su evolución histórica, y la ubicación y estado de conservación actual de la piedra en la arquitectura monumental local. En definitiva, suponen unas prácticas de campo sencillas y accesibles, al encontrarse este tipo de canteras en áreas próximas a localidades con un importante patrimonio construido en piedra.

**Palabras clave:** Canteras históricas, patrimonio monumental, recurso didáctico, geología, cantería.

**Abstract** *The use of historical quarries and monuments as an original and unconventional didactic resource in the teaching of Geological Sciences may enhance students' curiosity. Students will learn to observe and infer by themselves interesting aspects about local geology and present or past practical applications. With the study of historical quarries of their home town, the students will learn, in an easy and practical way, to recognize the different geological materials located in the surroundings and how they make up the landscape, and to recognize the natural weathering that they are subject to. They will also learn about other historical and cultural aspects related to possible industrial or building uses of stone, the quarry techniques used along the historical evolution and the location and preservation state of the extracted stone in the local historical buildings. To sum up, it is an easily accessible field experience as the quarries are to be found nearby, where there is an important heritage built in stone.*

**Keywords:** *Historical quarries, monumental heritage, didactic resource, geology, stoneworks..*

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la accesibilidad de las Ciencias Geológicas no supone un problema a la hora de diseñar el proceso de aprendizaje que debe seguir cualquier alumno de secundaria, bachillerato o universidad, en esta materia. Los grandes avances tecnológicos acontecidos en los últimos veinte años y ligados al mundo de la información y las telecomunicaciones, acercan a las aulas esta ciencia de una forma clara, visual y cómoda, desterrando el viejo mito

de considerar a la Geología como una materia difícil de enseñar al estar los conceptos prácticos muy alejados de la ciudad y por consiguiente, ser inaccesibles a un amplio sector del alumnado. La solución en este último caso, era realizar largos y costosos desplazamientos fuera de su lugar de origen, y que en muchos casos los centros docentes no podían afrontar. Pero un aspecto importante en la docencia es utilizar todos los recursos existentes en el entorno más próximo al alumno. Los medios audiovisuales facilitan su conocimiento visual y comprensión

Fig. 1. Los afloramientos de arenisca silíceea (A) fueron explotados como canteras en las proximidades de la ciudad de Zamora (Arroyo de Valorio) para construir su bella catedral románica (B)



simple, pero no dan la posibilidad de tocar, buscar, investigar,... sobre el terreno, las interrogantes que el alumno puede plantearle a la Geología.

Así pues, se hace necesaria la búsqueda de otros tipos de recursos didácticos que hagan que el alumno muestre su interés por los temas geológicos abordados de una forma más activa y expresiva, y con los que puedan estar identificados. Tienen que ser recursos de campo próximos y accesibles, que permitan desarrollar la capacidad de observación del alumno y, sobre todo, que faciliten al docente la transmisión de conocimientos de una forma didáctica y sencilla. Un claro ejemplo de estos nuevos recursos se encuentran en las canteras y en los mo-

Fig. 2. Canteras históricas cercanas a un monumento. Actualmente, son usadas como piscinas naturales en una zona costera del mar Adriático (Italia). Sus moradores desconocían su existencia e historia.



numentos (Fig. 1), los cuales son ideales para el conocimiento de los materiales geológicos existentes en el entorno de las áreas habitadas. En las canteras es posible la observación, tanto de las características composicionales, texturales y estructurales de los materiales rocosos dominantes en una determinada región, como de los procesos de meteorización natural que los degradan. El alumno puede así mismo, comparar la presencia de estos materiales y de sus formas de deterioro con aquellos que se observan en los monumentos históricos de su ciudad y poblaciones circundantes (Fort, 2009).

Además del interés geológico sobre el conocimiento de los materiales y de los procesos de meteorización y/o alteración que presentan, tanto en las canteras como en los monumentos, existe un aspecto importante de índole cultural e histórico, que cualquier docente no debe de olvidar. Se debe mostrar al alumno la evolución de sus aplicaciones prácticas y de los trabajos en las canteras, o lo que es lo mismo, el Arte de Cantería a lo largo de distintos períodos históricos, y así inculcar la necesidad de proteger este espacio como Patrimonio Geológico, Minero e Industrial.

La visita a algunas de estas canteras llega a suponer una verdadera sorpresa, pues pueden resultarles zonas familiares pero de las que desconocían que en algún momento de su historia pudieron haber sido canteras de extracción de piedra para construir algún monumento significativo de su localidad. En la actualidad, este desconocimiento no es un caso aislado, ya que de muchas de estas canteras históricas, al llevar largo tiempo en desuso, se ha podido perder toda referencia histórica y, hoy en día, aparecen reutilizadas con otros fines: basureros, corrales de ganado, piscinas y embarcaderos, cimentación de barrios y urbanizaciones, parques y zonas de recreo, etc. (Fig. 2). No es de extrañar que en ocasiones aparezcan en la prensa como un descubrimiento significativo.

Con el presente trabajo se pretende dar a conocer una nueva metodología fácil, práctica y disponible en una gran cantidad de poblaciones, para enseñar a los alumnos la existencia de un patrimonio geológico-minero, que aunque está asociado a un patrimonio arquitectónico bien protegido, es poco conocido y por consiguiente nada valorado, a pesar de ser una valiosa fuente de información sobre la Geología y la Cultura e Historia constructiva de una región. La visita a las canteras históricas que no están explotadas actualmente supone todo un mundo de conocimientos sobre: cuáles eran los materiales rocosos que se extraían; cómo se trabajaban y con qué técnicas y tecnología contaban; cómo sabían el grado de calidad y adecuación del material y cuál iba a ser su uso según la construcción a realizar; cómo eran capaces de transportarlo hasta la obra y en qué monumentos de la localidad aparecen, delimitando así las épocas de explotación de dichas

zonas. Es un recurso didáctico y cultural que puede ser explotado en términos no solo pedagógicos sino también turísticos (Martínez, 2009). En definitiva, se pretende que el alumnado, conociendo distintos aspectos de las canteras, sea capaz de extrapolarlos a los monumentos históricos de su localidad y viceversa, creando así su propia Ruta Geomonumental (Pérez-Monserrat *et al.*, 2008), la cual puede dar a conocer a otras personas de su entorno, con el consiguiente proceso de difusión social y cultural de la Geología regional. En definitiva, éstos serían los fines que persiguen las Rutas Geomonumentales, el de difundir el patrimonio cultural basado en el conocimiento geológico de los materiales pétreos que lo configuran, así como el de difundir la Geología a través del conocimiento previo del patrimonio cultural construido en piedra (Vázquez-Calvo *et al.*, 2008), y reflejaría perfectamente su filosofía sobre la necesidad de educar para poder conocer y valorar este hermoso legado patrimonial. Solo así se podrá respetar y conservar para generaciones futuras (Pérez-Monserrat *et al.*, 2008) (Figs. 1 y 2).

## CANTERAS Y MONUMENTOS

El hecho de que la mayor parte de nuestro Patrimonio Arquitectónico esté construido casi íntegramente en piedra natural, impone la necesidad de localizar, conocer y conservar las canteras históricas, de donde se extrajo la mayor parte de su piedra de construcción. Este tipo de canteras, hasta los siglos XVIII-XIX, se localizaba en las proximidades de los edificios a construir, siempre y cuando la geología de la zona proporcionara afloramientos rocosos con un cierto grado de dureza, durabilidad, volumen y estética (Figs. 1 y 2).

Los maestros canteros deducían la dureza de la piedra a partir del sonido emitido por el golpe de un martillo sobre su superficie. Así, si el sonido era metálico, se sabía que eran rocas densas y duras, buenas para su uso estructural, fáciles de extraer pues rompían bien, pero difíciles de trabajar y labrar (Rodríguez, 1998). Y la durabilidad era estimada a partir del grado de meteorización que presentaban los afloramientos rocosos y del estado de conservación que mostraba la piedra colocada con anterioridad en otros monumentos de la zona (Bustillo y Calvo, 2005; Fort, 2006; Varas *et al.*, 2010).

Las *canteras históricas* pueden ser definidas como aquellas zonas ligadas a afloramientos geológicos de donde se ha extraído, a lo largo de un periodo determinado de tiempo, la *piedra natural tradicional*, necesaria para construir el rico patrimonio arquitectónico de una o varias localidades próximas y que son identificativas de una localidad o de una región (ej. Villamayor, Marés, ...). Estas canteras solían ser de dimensiones pequeñas, obtenidas de afloramientos superficiales en el terreno y

donde el trabajo se realizaba de forma manual (Fig. 1). La continua reutilización de estas canteras puede hacer imposible identificar la evolución sufrida por el arte de la cantería en una región, al sobreimponerse diferentes técnicas extractivas según la época. No obstante, en algunas ocasiones las técnicas de trabajar la piedra pueden deducirse a partir de las geometrías que presentan las fábricas pétreas de los diferentes monumentos de una localidad. La forma geométrica en cantería es inseparable de la función estructural de la piedra y se materializa desde el momento de su extracción en la cantera y hasta su colocación en la obra (Fernández, 1996).

La *piedra natural* es un término genérico y comercial que se emplea para referirse a las rocas que han sido extraídas de canteras (explotación a cielo abierto) o minas (explotaciones subterráneas) y que posteriormente son empleadas en el campo de la construcción. La *piedra natural tradicional* es aquella piedra natural empleada de forma habitual y continuada a lo largo de la mayor parte de la historia constructiva de una localidad (Fort, 2009), principalmente hasta los siglos XVIII y XIX. Aunque en la actualidad, todavía hay algunas canteras históricas (formaciones geológicas) que siguen aportando piedra a las localidades próximas, a otras regiones e incluso se han internacionalizado (ej. Campaspero, Hontoria, Marés, Bateig-Novelda....)

El proceso de extracción y trabajado de la piedra natural, nace en Egipto (5.000 a.c.) y es la invasión romana, la que lo introduce en la Península Ibérica (Gaied *et al.*, 2009). Las canteras romanas eran pequeñas en extensión y potencia (*canteras de zanja*), se limitaban a la extracción de la capa de roca más superficial (Martínez, 2009) y podían ser tanto superficiales como subterráneas, pero siempre se encontraban cerca de las obras. Muchas de estas canteras se siguieron explotando en épocas posteriores, por lo que quedan pocas huellas de la cantería romana. Durante la Edad Media, (románico y gótico; s. X-XV) y hasta el siglo XVIII, la cantería fue muy demandada debido a las muchas y enormes construcciones religiosas (monasterios y catedrales) y defensivas (castillos y murallas) que se llevaron a cabo y en las cuales se usaron grandes volúmenes de piedra, por lo que la reutilización de piedra de otros edificios era frecuente. A veces, estas enormes obras obligaban a utilizar y distribuir los distintos tipos de piedra existentes en una localidad (*piedra franca*), según su calidad y cantidad, para reducir los gastos y la posible carencia de algún tipo de piedra. Las piedras duras y menos estéticas era usadas como mampuestos en los muros y zócalos, mientras que la piedra más blanda y fácil de tallar era utilizada en la sillería de portadas, esquinas, ventanales y fachadas principales.

Eran muchas las canteras que aparecían o se reaprovechaban cerca de las obras, ya que era el transporte de la piedra lo que las encarecía, debido





Fig. 3. Cantera de caliza en la ladera de una montaña. Su extracción se realizaba siguiendo los planos de estratificación e inclinación de las capas geológicas. La zona extractiva se reconoce por las geometrías poligonales de sus frentes.

a los rudimentarios medios de transporte y las escasas vías de comunicación con que contaban (Gómez-Heras y Fort, 2003, Varas *et al.*, 2003, 2010). Se explotaban principalmente a cielo abierto, de arriba abajo y de fuera hacia dentro. La distribución espacial de los niveles de cantera dependían del relieve topográfico, el cual se relacionaba con las estructuras geológicas existentes (Fig. 3). Se diferenciaban varios tipos de canteras: *de escarpe*, aprovechando la erosión diferencial del terreno; *inclinadas*, cuando los estratos geológicos aparecían buzando y *de borde*, debidas a la erosión fluvial (Martínez, 2009). Se explotaban hasta 3 capas, niveles o bancales de roca, según la estratificación y la inclinación que presentaran los afloramientos. Estas canteras son típicas en rocas estratificadas o foliadas (rocas sedimentarias y metamórficas). Las canteras históricas que aparecen en rocas no estratificadas (granitos) son pequeñas canteras superficiales que extraen la piedra a partir de los bolos graníticos (Fig. 4).

En aquellas localidades donde no había piedra en varios kilómetros a la redonda, iban a buscarla a localidades próximas, realizando el transporte principalmente por vía fluvial (Rodríguez, 1998); de ahí que grandes catedrales góticas y renacentistas estén en localidades con grandes ríos (Sevilla, León, Burgos,...).

A partir del siglo XV, se empiezan a traer pequeñas cantidades de piedra de lugares más lejanos, como el mármol y la serpentina de Italia o los alabastros de Aragón,... Esto se conoce gracias a la existencia de una documentación escrita (Varas *et al.*, 2010).

Así pues, hasta los siglos XVIII-XIX, la piedra natural empleada en la arquitectura de cada región se

correspondía con el marco geológico dominante en la zona, por lo que el alumno puede investigar y conocer la Geología regional empezando por la piedra que aparece en monumentos y canteras, así como sus procesos de meteorización naturales (en cantera) y artificiales (en monumento).

Con la revolución industrial, a finales del s. XVIII y principios del XIX, surgieron nuevos materiales (cementos, plásticos, aceros, etc.) y técnicas constructivas, que relegaron a un segundo plano el uso de la piedra natural, la cual se mantuvo, principalmente, para conservar el valor o nivel social de la construcción en piedra. El tamaño y espesor de las piezas de piedra natural disminuyeron, ya que no eran responsables directos de la estabilidad estructural del edificio, sino que su función pasó a ser meramente decorativa o de aislamiento. Además, el desarrollo de una red ferroviaria por toda la Península favoreció la circulación de todo tipo de piedra natural desde zonas muy diversas (Fort *et al.*, 2002, Varas *et al.*, 2003). Así pues, a partir de este momento, la localización de las canteras origen de la piedra natural se hace muy difícil si no existe documentación, pudiendo estar, en muchos casos, bastante alejadas de los monumentos.

Aunque son muchas las canteras históricas existentes por toda la geografía española, son pocas las que están actualmente habilitadas para ser utilizadas como recurso didáctico. Tal es el caso de las canteras de S'Hostal de Menorca (Fig. 5), donde además de las características petrológicas y estratigráficas de los materiales explotados, también se enseñan las técnicas de extracción y trabajado de la piedra, utilizadas durante varios siglos, y los edificios más emblemáticos construidos con esa variedad pétrea en la isla.

## VALOR DIDÁCTICO

Mediante la *observación* en canteras y monumentos, el alumno puede *deducir* diferentes *aspectos*, tanto *geológicos* como *históricos* y *culturales*.

Desde el punto de vista *geológico*, puede ser capaz de identificar los materiales rocosos y/o pétreos más abundantes, tanto en las canteras como en los monumentos, extrapolándolos al dominio de la Geología regional. También podrá caracterizarlos desde

Fig. 4 (izquierda). Extracción de sillares aprovechando un bolo granítico. Los bloques de piedra defectuosos eran abandonados en el lugar.



Fig. 5 (derecha). Cantera de S'Hostal (Menorca) puesta en valor y utilizada como recurso didáctico. Piedra caliza de Marés (foto de M. Álvarez de Buergo).







Fig. 6. Formas de deterioro generadas a partir de procesos de meteorización natural que afectan a un mismo tipo de piedra (calizas), tanto en canteras (A y B) como en monumentos (C).

el punto de vista composicional, textural y estructural, indicando, en ambos casos (cantera y monumento) si son rocas mono- o polimineriales, equi- o inequigranulares, porosas o densas, mono- o policromáticas, masivas o con estructuras internas, etc. Solo en las canteras podrá descubrir, además, si configuran afloramientos potentes en extensión lateral y vertical, si las capas están horizontales o inclinadas, etc.

En las canteras, localizará y reconocerá las superficies de debilidad (fallas, fisuras, discontinuidades, superficies de estratificación,...) que caracterizan a cada material rocoso y que en cantería sirven para su extracción. Si son abundantes y están irregularmente repartidas, la extracción se limitará a una piedra no dimensionada (mampuestos) o a piedras dimensionadas de pequeño tamaño e irregulares (sillarejos). Las canteras más valiosas son aquellas que cuentan con escasas superficies de debilidad y están bien repartidas, lo que permitirá extraer piezas bien dimensionadas (sillares) y cuyo tamaño, en muchos casos, dependerá del espaciado entre dichas superficies. Un buen ejemplo de ello, son las formaciones geológicas bien estratificadas (rocas sedimentarias como calizas y areniscas, principalmente), donde el tamaño de la piedra que se extrae está en función del espesor de la capa o estrato geológico (Figs. 1 y 3).

También podrá estudiar y evaluar los procesos de meteorización naturales (principales agentes: agua, viento, insolación y cambios térmicos) que han afectado a la superficie de las rocas en las canteras. Es frecuente encontrar: desplazados (*piel de cebolla en granito*), descamados, desagregaciones intergranulares (*arenización*), pátinas biológicas (colonización por líquenes), disoluciones químicas, concreciones, tafoni (cavidades debidas a pérdidas volumétricas de material), etc., según el tipo de roca (Figs. 6A y 6B). Esta meteorización natural podrá extrapolarse a las fábricas pétreas de los monumentos construidos con el mismo tipo de piedra estudiado en la cantera (Menduiña *et al.*, 2005, Fort, 2009, Varas *et al.*, 2010). Aquí el alumno puede observar que se llegan, incluso, a desarrollar con mayor intensidad, no solo como producto heredado desde su lugar de origen (afloramiento/cantera superficial) sino también porque el tamaño de las fachadas de un monumento implica que pueda haber mayor superficie de piedra expuesta a los elementos meteorológicos. La agresión será mayor y/o más focalizada, según la disposición estructural y arquitectónica de la piedra y del edificio, respectivamente (Fig. 6C).

Desde el punto de vista *histórico y cultural*, el alumno puede reconocer que uno o varios afloramientos rocosos, generalmente próximos entre sí, fueron utilizados como zonas extractivas de piedra natural para la construcción, cuando en los mismos existen evidencias claras del uso de diferentes técnicas de cantería. Es frecuente encontrar huellas de las diversas herramientas empleadas para su extracción (Figs. 7 y 8): punteros (Fig. 7A), picos, piquetas



Fig. 7. Huellas de las herramientas manuales utilizadas en la extracción de la piedra en una cantera. A) Punteros (orificios de marcado de la forma y tamaño de los sillares) y cuñas-palancas (formas semicirculares para el arranque de los sillares), y B) Piquetas (estrias).





Fig. 8 (arriba izquierda). Huellas de las cuñas empleadas en el arranque de bloques de granito.

(Fig. 7B), mazas, cuñas (las más antiguas eran de madera que humedecían para que se hincharan) (Figs. 7A y 8), palancas (Fig. 7A) y serruchos. Las marcas de cantero aparecen tanto en los frentes de cantera como en la piedra colocada en un edificio. Fueron muy abundantes en la Edad Media y eran dibujos más o menos complejos (cruces, peces, espirales,...), que servían de referencia a la hora conocer la producción y el trabajo de cada artesano (Varas *et al.*, 2010). También pueden observarse bloques de piedra, cortados o cortados y arrancados de su em-

Fig. 9. Geometrías resultantes tras la extracción de piedra caliza en una cantera antigua.



plazamiento natural, pero que están abandonados en las canteras por algún defecto en su manufactura (Fig. 4). Otra evidencia de una posible extracción es cuando el afloramiento presenta frentes rectos y estos frentes pueden aparecer escalonados en varios niveles formando bancales (Figs. 2 y 3). Estas morfologías indican que la extracción de la piedra se realizaba de arriba abajo y de fuera hacia dentro (Martínez, 2009). La presencia de huecos geométricos con bordes curvos y/o rectos y de tamaños definidos según las superficies de debilidad utilizadas, también son indicadores de la extracción de piedra en la zona (Fig. 9).

El alumno puede además mirar alrededor de la cantera y dilucidar la presencia de posibles vías de comunicación (calzadas romanas, cañadas, ríos na-

Fig. 11 (derecha). Comparación de las muestras de piedra (granitos) recogidas en la cantera estudiada con la piedra que aparece en las fachadas de los monumentos de una localidad próxima.



Fig. 10. Reconocimiento en las fachadas de los monumentos de los distintos tipos de piedra (dolomías) utilizados, tamaño de sus bloques, marcas de cantero y deterioros que presentan.

vegables, etc.) que pudieron servir para transportar esa piedra hacia las localidades, en cuya dirección se encontraban.

Con toda esta información, el alumno será capaz de identificar la piedra extraída de la cantera o canteras estudiadas en los muros y fachadas de los edificios monumentales de una o varias localidades próximas, o a mayor distancia si están ligadas a antiguas vías de comunicación (Fig. 10). Reconocerá y asociará, la procedencia de la piedra de un monumento, no solo por su tipo y composición (Fig. 11), sino también por el tamaño y la geometría de los bloques colocados en la obra y, en ocasiones, por las marcas de cantero que puedan aparecer. Buscará cualquier tipo de información en archivos, bibliotecas, Internet, etc., sobre los monumentos asociados para ver si existen referencias a sus canteras y épocas de utilización.

En último lugar, el alumno valorará y comparará el estado de conservación y grado de durabilidad que presenta la piedra colocada en el edificio con la que existente en la cantera. Aparte de reconocer los efectos superficiales de los procesos de meteorización naturales que pueden asociarse a esa variedad pétrea, tanto en la cantera como en el monumento (Fig. 6), verá que







Fig. 12. Forma de deterioro no identificado en las canteras y que sufren frecuentemente la piedra caliza colocada en monumentos que soportan una fuerte contaminación atmosférica (costras negras).

existen otras formas de deterioro que no están presentes en la cantera (Fig. 12). Estos deterioros los asociará a la actividad humana, como responsable principal de la aparición de nuevos agentes (sales, fuego, actividad bélica, vandalismo, restauraciones nocivas, contaminación atmosférica, graffiti, ...) altamente agresivos, y que en muchos casos afectarán negativamente a la estética y estabilidad superficial de la propia piedra (Esbert *et al.*, 1997, Fort, 2009). Detectará, posiblemente: capas pulverulentas y blanquecinas de sales (*eflorescencias salinas*), impactos de balas y bombas, enmugrecimientos por acumulación de partículas contaminantes (*costras negras*; Fig. 12), pintadas, revestimientos de cemento pórtland, acumulaciones duras de sulfatos y/o carbonatos (*costras blancas*), humedades en las partes bajas de ascenso capilar o en las partes altas por filtraciones, etc.

El resultado final de este trabajo es la creación por parte del alumnado/profesorado de una Ruta Geomonumental que pueden divulgar a cualquier estamento social, a través de itinerarios montados y dirigidos por los propios creadores, o también a través de la preparación e impresión de guías o folletos explicativos o del diseño y montaje de una hoja Web en Internet (Fig. 13).

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

El método de trabajo que se propone utilizar con el alumnado de secundaria, bachillerato o universidad, consiste en un *juego detectivesco* que puede



desarrollarse de dos formas diferentes. Su grado de complejidad va a depender del nivel formativo del alumno en temas geológicos e históricos-culturales. Estas actividades siempre se realizarán en grupos de 3 o 4 personas, para poder repartirse mejor el trabajo.

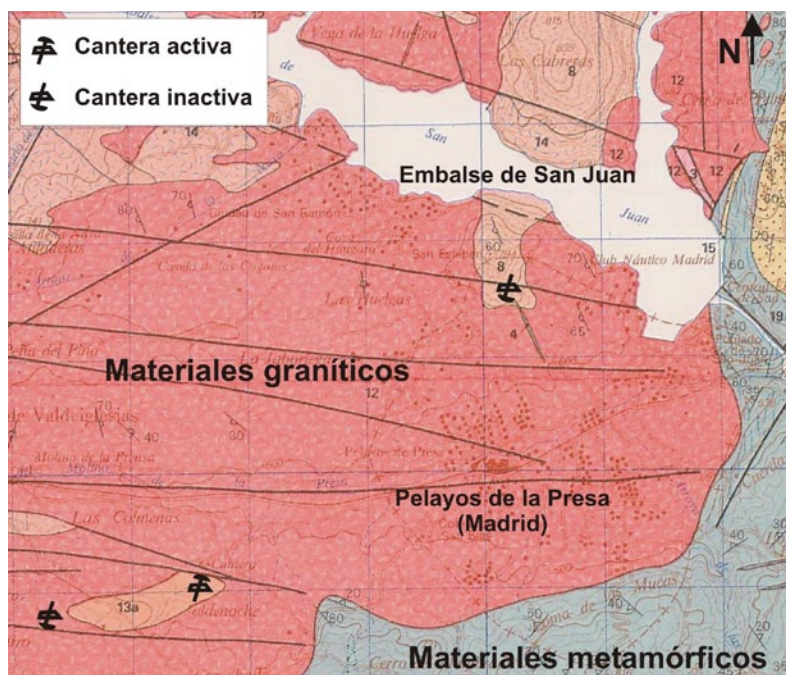
### Cantera histórica localizada

El grupo puede empezar este *juego educativo* eligiendo una o varias canteras antiguas, de las cuales tiene conocimiento de su existencia y que se encuentran alrededor de su localidad. Actualmente estarán inactivas y podrán tener otros usos (basureiros, corrales de ganado, parques, embarcaderos, ...; Fig. 2). En este caso, se parte de la existencia conocida de estas antiguas zonas extractivas.

Antes de iniciar el estudio de campo, deberán documentarse sobre la posible historia de esas canteras en archivos, bibliotecas, Internet, preguntando a canteros o personas conocedoras de su existencia, ... Además, desde el punto de vista científico, estudiarán los mapas geológicos para conocer la composición litológica de las rocas que aparecen en estas canteras (Fig. 14), los mapas topográficos para

Fig. 13 (arriba). Hoja Web donde se recogen diversas Rutas Geomonumentales realizadas en la Comunidad de Madrid por este grupo de investigación. <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/patrimonio/rutas/geomonumentales>

Fig. 14 (abajo). Mapa geológico modificado del Mapa Geológico de España, 557 (17-22) de San Martín de Valdeiglesias (Madrid). Escala 1:50.000. En él se localizan una serie de canteras antiguas e inactivas relacionadas con los materiales graníticos de la zona.





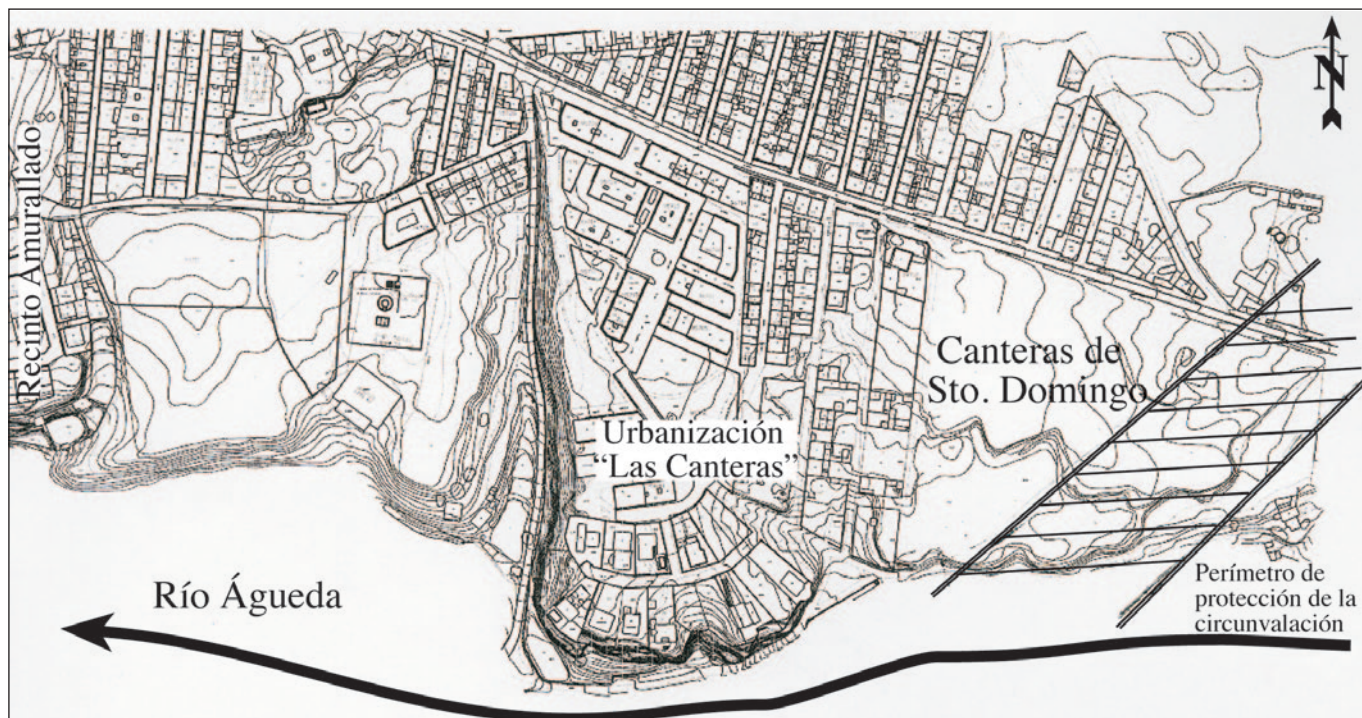


Fig. 15. Mapa topográfico de la zona SE de Ciudad Rodrigo (Salamanca). La geometría de las curvas de nivel permiten la localización de unas antiguas canteras explotadas desde el siglo XII y hasta mediados del XIX.

reconocer su trazado morfológico, dibujado éste por la disposición de las curvas de nivel (Fig. 15), y la foto satélite a través de Google Earth, para confirmar la información obtenida a partir de los mapas anteriores. Con la información histórica obtenida y la extraída de los mapas y de la foto satélite, los alumnos podrán: a) localizar una o más canteras; b) hallar la proximidad entre ellas y su cercanía a antiguas vías de comunicación y a las localidades circundantes, y c) identificar el tipo o tipos de rocas y la formación o formaciones geológicas en la que se engloban. También cabe la posibilidad de que exista documentación sobre sus periodos de actividad extractiva y el uso final de su piedra.

En la cantera, los alumnos harán una breve descripción sobre su localización, tamaño, tipo de cantera (de escarpe, inclinada, de borde, etc.), morfología, presencia de uno o más banales, etc. Realizarán un pequeño dibujo esquemático de su frente y/o una columna estratigráfica; en ambos casos, se reflejará la litología de las rocas existentes, el espesor de las capas, la presencia de estructuras internas, etc. (Fig. 16). Al mismo tiempo, recogerán muestras rocosas representativas de las litologías que aparezcan, para compararlas después con las existentes en las fachadas de los monumentos (Figs. 11 y 16).

También, identificarán y fotografiarán los procesos meteóricos que afectan a estos materiales en la cantera y que pueden traducirse en deterioros tales como: desagregaciones intergranulares, desplazados, tafoni, etc. (Figs. 6A y 6B). De igual forma, documentarán la presencia de marcas de canteros, huellas de herramientas manuales (punteros, cuñas, piquetas,...; Figs. 7 y 8), restos de bloques defectuosos (Fig. 4) y/o huecos de bloques extraídos (formas geométricas reconocidas; Figs. 7A y 9), que

avalarán su historia extractiva. En este último caso, se tomarán las dimensiones de los bloques defectuosos y/o de los huecos geométricos, para comparar el tamaño y la forma de los bloques extraídos con los que aparecen en los muros de los monumentos de su localidad.

Con toda la información recopilada, el grupo puede identificar en su localidad los edificios históricos que han sido construidos con las mismas variedades litológicas que se han descrito en esas canteras (Figs. 10 y 11), puede comparar la forma y el tamaño de los bloques que componen su fábrica con las recopiladas en las canteras, las marcas de los canteros dejadas en los bloques y el estado y formas de deterioro que presentan, discriminando los procesos meteóricos heredados del afloramiento natural, aunque estos últimos se compararían con los que aparecen en la cantera para saber si se han acentuado o no, una vez puesta la piedra en el edificio (Fig. 6). Enumerarán las nuevas formas de deterioro que aparecen afectando a la piedra colocada en los monumentos y que no han sido vistos en la piedra de las canteras (costras negras, eflorescencias salinas, agujeros de bala, etc.; Fig. 8), buscándoles un posible origen (contaminación atmosférica, guerras, rotura de tuberías, etc.; Eibert *et al.*, 1997, Fort, 2009).

La asociación de ciertos edificios históricos con la piedra extraída de una o varias canteras estudiadas, conllevará un último paso, que sería el de recopilar todo tipo de información sobre la historia de los edificios. Así se podrá corroborar la hipótesis formulada por el grupo de alumnos de que en la construcción de un determinado edificio y durante un determinado periodo de tiempo, se empleó la piedra de esas canteras antiguas.



### Cantera histórica no localizada

Otra forma de plantear este juego/estudio sería cuando no se conoce la localización exacta de las canteras, pero la localidad elegida para desarrollar este trabajo cuenta con un rico patrimonio construido en piedra y anterior a los siglos XVIII-XIX. En este caso, se emplazará al grupo a comenzar este estudio eligiendo un edificio histórico y representativo de todo su patrimonio arquitectónico. Cuando la documentación escrita ha desaparecido, el trabajo de localización y caracterización de las canteras originales empezará por la caracterización del tipo de piedra en los monumentos y en la Geología regional (Fort, 1996) (Fig. 1).

En el edificio elegido, deberán reconocer y documentar los distintos tipos de piedra utilizados en su construcción, su ubicación en el edificio, la forma y tamaño de los bloques, las marcas de cantero que aparezcan y el estado de conservación y tipo de deterioro que presente cada una de esas variedades pétreas (Fort, 2009). A continuación, el grupo tendrá que buscar información escrita sobre el edificio en Internet y/o en archivos o bibliotecas del ayuntamiento, iglesias,..., y hasta información oral de cualquier persona de la localidad que conozca su historia; todo con la finalidad de saber de dónde se extrajo la piedra durante la época de su construcción.

Tanto si se tiene la localización exacta o aproximada de las canteras antiguas como si ésta no ha sido posible, el grupo, con el mapa geológico de la zona circundante a la localidad, identificará las formaciones geológicas más próximas cuya litología coincida con la de la piedra que aparece en el edificio (Fig. 14). Además, revisarán los mapas topográficos por si se detecta alguna anomalía (formas poligonales abiertas) en la distribución de las curvas

de nivel (Fig. 15), que induzca a pensar en una posible zona de extracción. Al final, con la foto satélite de Google Earth, podrán verificar los resultados obtenidos a través de los mapas anteriores y además podrán localizar la proximidad de antiguas vías de comunicación.

Una vez elegidos los posibles puntos de interés, el grupo irá a localizarlos. Buscarán los afloramientos rocosos identificados sobre los mapas geológico y topográfico y la foto satélite. En estos afloramientos, el grupo buscará, en primer lugar, indicios de que haya existido en algún momento actividad extractiva. Si se confirma este paso, el trabajo en el afloramiento se realizará del mismo modo como se ha descrito en el apartado anterior y, luego, se extrapolará al monumento o monumentos seleccionados en su localidad para confirmar la hipótesis formulada por el grupo sobre la procedencia de su piedra.

En cualquiera de los dos casos, el trabajo que el grupo ha sido capaz diseñar, puede evolucionar en una Ruta Geomonumental y ser difundida tanto entre sus compañeros como entre familiares y amigos, a través de vías muy diversas (Fig. 13).

### CONCLUSIONES

Las canteras históricas están estrechamente ligadas a aquellas localidades históricas donde su patrimonio arquitectónico está construido con piedra natural. El empleo de las canteras para transmitir conocimientos tanto de la Geología regional como de la propia historia constructiva local, supone un gran recurso didáctico y cultural, todavía por explotar. En algunas regiones de España, como es el

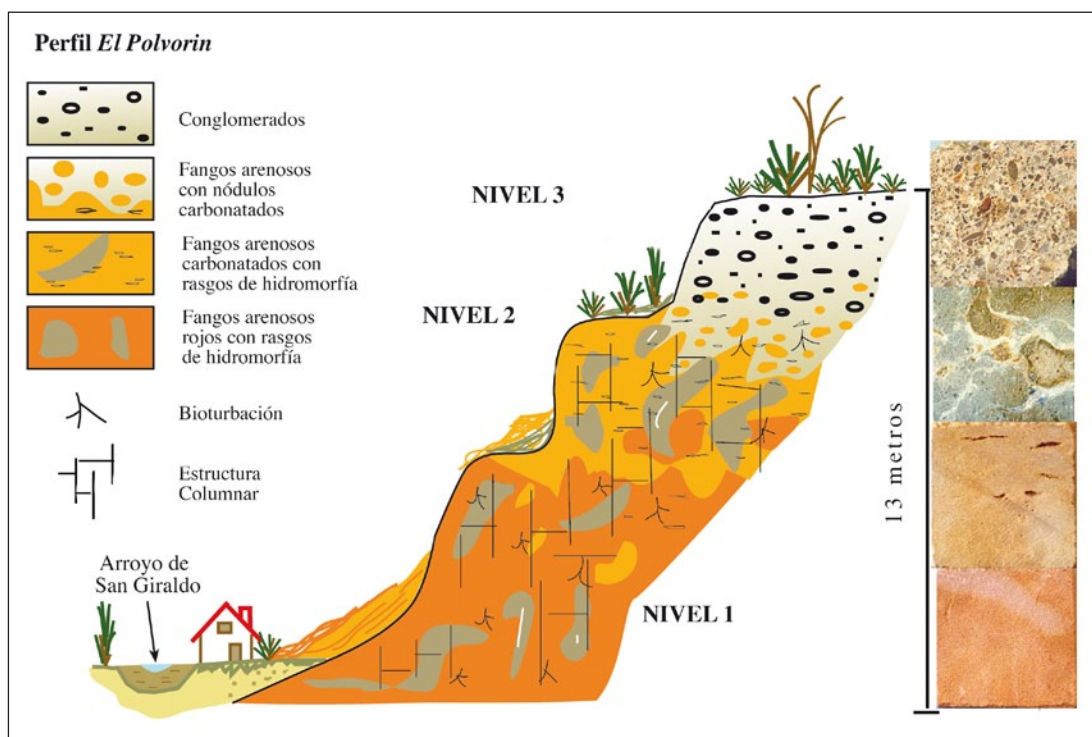


Fig. 16. Perfil o esquema del frente de una cantera antigua empleada para la construcción del patrimonio arquitectónico de Ciudad Rodrigo (Salamanca). Se reconocen tres niveles de extracción y cuatro tipos de piedra arenisca, de los cuales se recoge muestra y se localizan en el perfil.

caso de la Piedra de Marés (Menorca), se han dado cuenta de ello y ya han puesto en valor algunas de sus antiguas canteras (Fig. 5). Son museos al aire libre, donde paneles estratégicamente colocados enseñan a los visitantes el tipo de material pétreo extraído, cuáles eran las técnicas de extracción y las herramientas empleadas, y en qué edificios fueron colocadas. Este puede ser un buen motivo para llevar a cabo estas actividades en distintos puntos de la geografía española, la posibilidad de dar a conocer y llegar a poner en valor este tipo de patrimonio (Fig. 1).

La metodología de trabajo que se ha expuesto en este artículo es práctica y sencilla y también puede ser utilizada como una actividad lúdica y cultural a desarrollar por cualquier institución educativa y organismos, públicos o privados, con la finalidad de concienciar al alumnado y al público asistente de la necesidad de valorar y proteger tanto nuestro patrimonio arquitectónico como el patrimonio geológico y minero (canteras históricas), más desconocido pero no por ello menos importante (Fig. 2).

## AGRADECIMIENTOS

Al programa Geomateriales (S2009/MAT-1629), financiado por la Comunidad de Madrid y al Programa Consolider-Ingenio 2007 (CSD2007-0058), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. El trabajo forma parte de las actividades del grupo de investigación de la UCM "Alteración y Conservación de los Materiales Pétreos del Patrimonio" (ref. 921349), dentro del cluster de Patrimonio del CEI-La Moncloa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bustillo, M. y Calvo, J.P. (2005). *Materiales de Construcción*. Editorial Rocas y Minerales. Madrid. 430 pp.
- Ebert, R., Ordaz, J., Alonso, F.J., Montoto, M., González, T. y Álvarez de Buergo, M. (1997). *Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Manual de Diagnóstico nº5. Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona. 138p.
- Fernández, J. (1996). *Geometría y función estructural en cantería. La cantería y la estereotomía de la piedra en el aprendizaje del arte de construir y otras consideraciones*. Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid. CEHOPU, Madrid.
- Fort, R. (1996). Localización de antiguas canteras utilizadas en el patrimonio monumental. En: *Degradación y conservación del Patrimonio Arquitectónico*. (Ed. F. Mingarro). Editorial Complutense. Madrid. 311-316.

Fort, R. (2006). *Utilización de la Piedra Natural en Restauración*. En: *Utilización de rocas y minerales industriales*. M.A. García del Cura y J.C. Cañaveras (eds). Universidad de Alicante. Seminario de la Sociedad Española de Mineralogía, 2: 155-182.

Fort, R. (2009). La piedra natural y su presencia en el Patrimonio Histórico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (17.1): 16-25.

Fort, R., Bernabéu, A., García del Cura, M.A., Ordoñez, S., López de Azcona, M.C. y Mingarro, F. (2002). La piedra de Novelda: una piedra ampliamente utilizada en el patrimonio arquitectónico. *Materiales de Construcción*, 52 (266): 19-32.

Gaied, M.E., Younes, A. y Gallala, W. (2009). A geoarchaeological study of the ancient quarries of Sidi Ghedam-sy Island (monastir, Tunisia). *Archaeometry*: "En prensa" (doi: 10.1111/j.1475-4754.2009.00499.x).

Gómez-Heras, M. y Fort, R. (2003). Supplying of masonry materials in the construction of the Crypt of Santa María la Real de la Almudena, Madrid, Spain, 1883-1911. En: *Proceedings of the 1st International Congress on Construction History*. Madrid, 20-24 January 2003. S. Huerta (eds.), 1051-1061.

Mapa Geológico de España, 557, 17-22. San Martín de Valdeiglesias. Escala 1:50.000. 2ª Serie, 1ª edición. Instituto Tecnológico GeoMinero de España (1990).

Martínez, L.M. (2009). The typology of ancient quarries within the Pleistocene Limestone of Álava in Northern Spain. *Geoarchaeology*, 24 (1): 42-58.

Mendiña, J., Fort, R., García del Cura, M.A., Pérez-Soba, C., Pérez-Monserrat, E., Varas, M.J., Galán, E.,..... (2005): *Las piedras utilizadas en la construcción de los Bienes de Interés Cultural de la Comunidad de Madrid anteriores al siglo XVIII*. Ed. IGME. Madrid. 173p.

Pérez-Monserrat, E.M., Fort, R., Álvarez de Buergo, M. y Varas, M.J. (2008). Rutas Geomemoriales: La Geología para la enseñanza y la difusión del Patrimonio Arquitectónico. *Tierra y Tecnología*, 33: 39-46.

Rodríguez, J.C. (1998). *Cantera y Obra. Las Canteras de la Sierra de San Cristobal y la Catedral de Sevilla*. Ed. Ayuntamiento de El Puerto de Sta. María. Biblioteca de Temas Portuenses. 144p.

Varas, M.J., Gómez-Heras, M. y Fort, R. (2003). Abastecimiento de Piedra en Monumentos de Madrid del siglo XIX: La Cripta de la Catedral de Santa María de la Almudena y el Claustro-Panteón de Hombres Ilustres. *R&R (Restauración y Rehabilitación)*, 79: 46-51.

Varas, M.J., Vázquez-Calvo, C. y Fort, R. (2010). Canteras Históricas: un recurso docente por explotar. En: *Fundamental 16*. Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. 269-282.

Vázquez-Calvo, C., Pérez-Monserrat, E.M., Varas, M.J., Álvarez de Buergo, M. y Fort, R. (2008). La Geología en la conservación del patrimonio arquitectónico: otra forma de difundir el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10: 14-18. ■

*Fecha de recepción del original: 15/10/10*  
*Fecha de aceptación definitiva: 19/11/10*